Bull. Soc. Ecophysiol., 12, 1, 1987.

APPORT DE L'ECOPHYSIOLOGIE VEGETALE A L'ETUDE DES CONSEQUENCES DES VARIATIONS DE CO_2 DANS L'ATMOSPHERE TERRESTRE

par

Marianne MOUSSEAU

Université Paris-Sud
Laboratoire d'Ecologie Végétale
Bât. 362
91405 ORSAY Cédex

1 - LE PROBLEME DU GAZ CARBONIQUE DE L'ATMOSPHERE

Le climat favorable à la vie régnant sur notre planète provient en partie de la présence dans l'atmosphère de composés chimiques, notament du gaz carbonique. Ceux-ci absorbent le rayonnement infra-rouge, émis par la Terre, et contribuent à réchauffer l'atmosphère de plusieurs dizaines de degrés. A cause de cet "effet de serre", la température moyenne de notre planète au niveau du sol est voisine de + 15° C.
Le problème que pose, à long terme, l'environnement du gaz carbonique (CO_2) dans l'atmosphère est étudié en raison de ses conséquences climatiques. De nombreuses observations montrent une étroite dépendance entre le climat d'une planète et la teneur en CO_2 de l'atmosphère. Les exemples sont nombreux :

- climat de Vénus avec son atmosphère constituée de 90 kg de CO_2 par cm^2 et sa température moyenne voisine de 500° C,
- climat chaud de la terre au Crétacé avec probablement davantage de CO_2 dans l'atmosphère que maintenant,
- succession des périodes glaciaires du dernier million d'années étroitement corrélée à l'évolution de la teneur en CO_2 de l'atmosphère (analyse de la composition chimique des bulles d'air occluses dans les glaces polaires).

Les rejets de CO_2 dans l'atmosphère du fait de la combustion du carbone contenu dans les charbons, pétroles, tourbes et forêts, ont conduit à une rupture complète de l'équilibre qui s'était établi depuis plusieurs millénaires entre les différents réservoirs susceptibles d'échanger rapidement leur carbone : l'atmosphère, la biosphère terrestre et l'océan. Depuis le début du 19ème siècle, la teneur en CO_2 est passée d'environ 275 ppm en 1800 à 345 ppm en 1985, soit un accroissement du réservoir atmosphèrique de 500 milliards de tonnes.

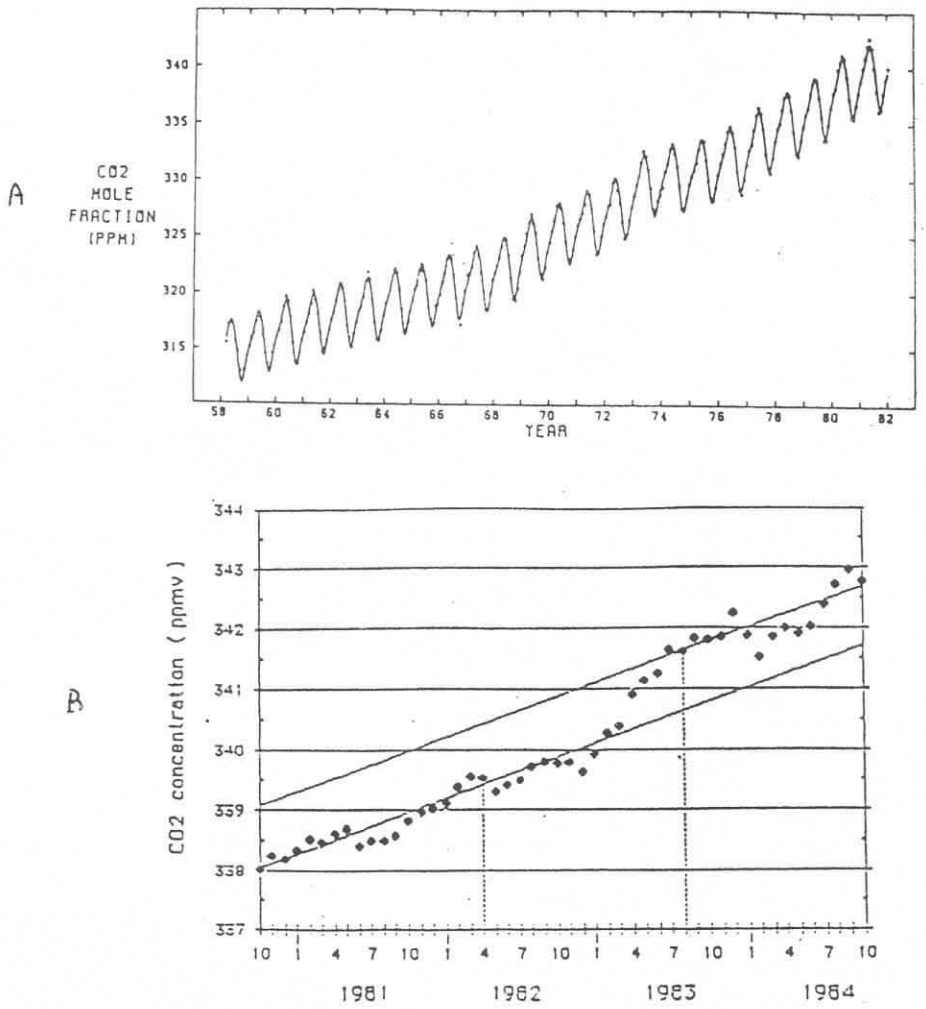

Fig. 1 - Evolution de la teneur en CO_2 autour de la terre au cours des dernières décennies. Variations annuelles dans l'hémisphère nord (Hawai)(A) et dans l'hémisphère sud (île d'Amsterdam) (B)

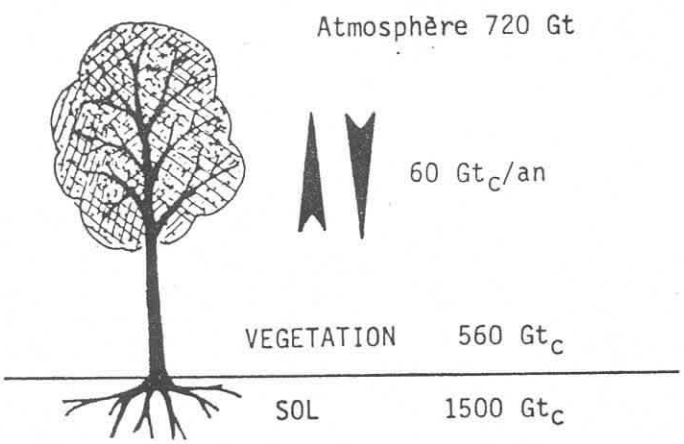

Fig. 2 - Estimations actuelles des stocks de carbone dans la végétation et le sol et des flux échangés annuellement avec l'atmosphère. Ces chiffres sont connus avec une incertitude importante, d'au moins 20%.

2 - ROLE DE LA BIOSPHERE CONTINENTALE

La biosphère continentale, essentiellement végétale, joue une triple rôle :

a) Les quantités de carbone accumulées dans la végétation terrestre (500 à 800 Gt) et dans le sol (1500 à 3000 Gt) sont comparables au stock de carbone dans l'atmosphère (700 Gt) (Fig. 2).
On estime que la déforestation et la diminution du taux de matière organique dans les sols cultivés entraînent un rejet de carbone dans l'atmosphère de 2 Gt/an représentant 20 à 40% des rejets industriels (combustion du carbone fossile).

b) La photosynthèse et la respiration de la biosphère varient avec les saisons et entrainent une fluctuation sensible de la teneur en CO_2 atmosphèrique. Cette fluctuation est nulle au pôle Sud, de 1 à 2 vpm à l'île d'Amsterdam (42° S) (Fig.1) et atteint 15 vpm à Barrow (65° N) en Alaska. Elle reflète l'activité globale de la biosphère continentale d'une façon qui reste à préciser.

c) La photosynthèse consomme environ 50 Gt C an^{-1} (10 fois les rejets industriels ...). Cette énorme quantité est prélevée sur l'atmosphère mais normalement restituée par la respiration des plantes et des animaux. L'augmentation actuelle de la teneur en CO_2 entraîne une stimulation de la photosynthèse chez la plupart des plantes et une diminution de la transpiration par fermeture des stomates. Chez les espèces testées, un doublement de la teneur en CO_2 entraîne une augmentation de production de 30 à 40% en moyenne avec une baisse notable de la consommation en eau.

Le but ultime de l'ensemble des études est d'évaluer l'impact de l'augmentation de la teneur en CO_2 sur le climat de la Terre. Ceci se fait à l'aide de modèles de circulation générale de l'atmosphère.

Les simulations du climat effectuées en doublant la teneur en CO_2 de l'atmosphère (600 ppm) font apparaître les points suivants :

- un réchauffement moyen de la surface de la Terre compris entre 1,3° C et 4,2° C,
- une forte dépendance de la variation de température en fonction de la latitude, le réchauffement étant surtout marqué aux hautes latitudes,
- une notable modification des constrastes saisonniers,
- une augmentation des précipitations moyennes annuelles avec de grands écarts saisonniers.

Il est actuellement difficile de coupler les modèles climatiques et les modèles de biosphère. Pour fournir dans les prochaines années des bases plus solides pour une telle modélisation, il est indispensable de connaitre la réponse des végétaux à ces changements climatiques

On a actuellement peu de données pour chiffrer l'impact d'un doublement de la teneur en CO_2 sur le fonctionnement d'un écosystème naturel, par exemple une forêt : les arbres atteindront-ils une plus grande taille ou arriveront-ils plus

rapidement à une biomasse totale inchangée ? Une plus forte croissance entraînera un prélèvement plus important des éléments minéraux du sol. Quelle sera l'évolution du sol et de sa fertilité ? La baisse de la consommation en eau modifiera le bilan énergétique de l'écosystème et le microclimat. Quelles seront les conséquences sur le climat et la répartition des précipitations ? Y aura-t-il remplacement de certaines espèces par d'autres, mieux adaptées à la nouvelle teneur en CO_2 et au nouveau climat ?

Certaines de ces questions sont abordées dans le vaste programme américain sur le CO_2. On connait pour une dizaine d'espèces cultivées et quelques espèces spontanées l'effet d'un enrichissement en CO_2 sur la productivité selon les espèces, avec une moyenne de 30 à 35 % chez les espèces en C_3. Peu de recherches ont été conduites sur les arbres.

C'est ici que la méthodologie d'écophysiologie expérimentale se révèle fructueuse. Il est indispensable de connaître les réponses directes de croissance et de développement des espèces à un enrichissiment en CO_2 pour être capable de modéliser son action sur des écosystèmes entiers.

Ainsi, on utilise des chambres à ciel ouvert, ou des tunnels ventilés, dans lesquels la teneur en CO_2 est élevée artificiellement, ce qui permet de suivre la croissance des plantes et de prédire la réponse des différentes espèces.

Tous les effets fondamentaux du CO_2 sur la vie des plantes sont à prendre en compte sur le plan écophysiologique avant de pouvoir donner aux climatologistes un modèle valable de réponse de la végétation à cette augmentation inéluctable du CO_2.